

第1部 MEMSの利用状況

第1章

自動車やスマートホンなどに使われる

量産タイプのMEMSの利用状況

圧力センサ

● ピエゾ抵抗型圧力センサ

半導体に応力を加えると抵抗が大きく変化するピエゾ抵抗効果を用いた圧力センサが、1950年代から研究されました⁽¹⁾⁽²⁾。図1.1のようにn型のSi基板をエッチングして薄いダイヤフラムを作製し[第2部の図2.5参照]、それにp型拡散層の抵抗を形成して図のようにブリッジ回路に結線します。圧力Pによる歪εに対する抵抗変化(ΔR/R)の割合をゲージ率Kとすると、ΔR/RはKεとなります。図1.1のブリッジ回路に電流I₀を流したとき、圧力でダイヤフラムが変形すると抵抗値が変化し、V_{out}は次のようになります。

$$\begin{aligned} V_{out} &= RI_0 \left(\frac{R + \Delta R}{R - \Delta R + R + \Delta R} - \frac{R - \Delta R}{R - \Delta R + R + \Delta R} \right) \\ &= RI_0 \left(\frac{\Delta R}{R} \right) \\ &= RK \varepsilon I_0 \\ &= R_0 (1 + \alpha T) K_0 (1 + \beta T) \varepsilon I_0 \\ &\doteq R_0 K_0 (1 + (\alpha + \beta) T) \varepsilon I_0 \end{aligned}$$

R₀: 基準温度でのセンサ抵抗値 [Ω]
 K₀: 基準温度でのゲージ率
 α: 抵抗の温度係数 [ppm/°C]
 β: ゲージ率の温度係数 [ppm/°C]
 T: 絶対温度 [K]

V_{out}は温度Tに対し、(α + β)に比例して変化しています。図1.2にはピエゾ抵抗の不純物濃度に対する感度の温度係数の関係を示しますが、(α + β)は不純物濃度2 × 10²⁰と1 × 10¹⁸近くでゼロになることがわかります。通常は表面の影響などを受けにくい前者の高濃度のピエゾ抵抗を使用し、感度が温度で変わらないようにします。

ピエゾ抵抗をもつSi圧力センサはパッケージに入れて使用されますが、パッケージとSiの熱膨張差などによる応力(パッケージング・ストレス)がダイヤフラムに影響するのを防ぐため、図1.3(a)のようにSiと熱膨張が近いガラスを介して装着したり、片持ち梁構造で支えたりする工夫が行われています[コラムα(p.6)参照]。図1.3(b)には自動車のエンジン制御に応用した例を示してあります。吸気圧を計測して不完全燃焼しないように燃料を噴射する電子制御を行い、さらに排気側に触媒を用いることで排ガス浄化を可能にしています。

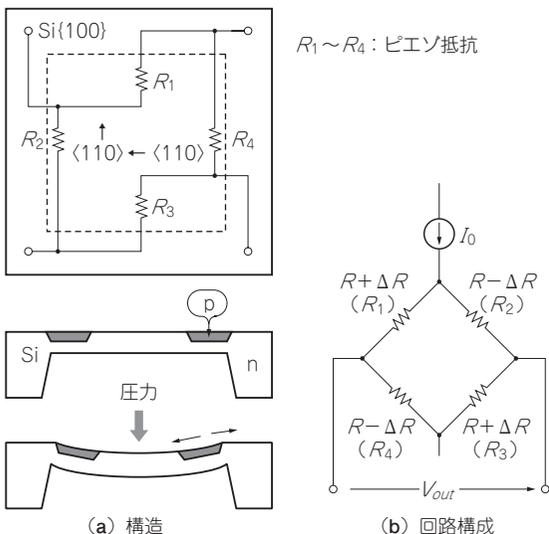


図1.1 ピエゾ抵抗型圧力センサ

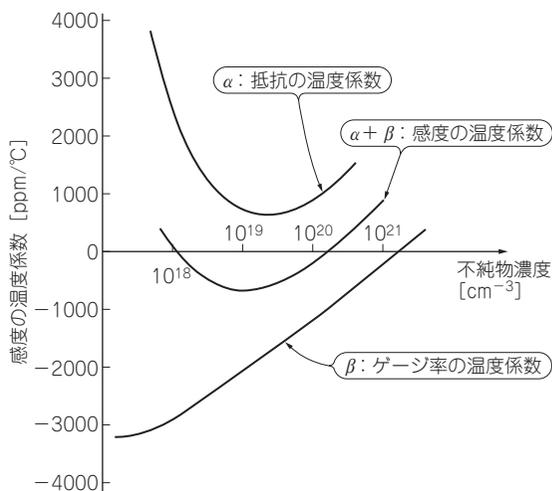


図1.2 ピエゾ抵抗の不純物濃度に対する感度の温度係数⁽³⁾